

# Karakterisasi berbagai Jenis Bahan Lapisan Kedap, Ketebalan dan Nisbah Bentonit dengan Pasir: Konsep Dasar Pengelolaan Lahan Pasir Pantai

Saparso<sup>1</sup>, Tohari<sup>2</sup>, Dja'far Shiddieq<sup>2</sup> dan Bambang Setiadi<sup>3</sup>

*Makalah diterima 7 Januari 2008/ disetujui 3 Januari 2009*

## ABSTRACT

**Characterization of Various Kinds, Thickness and Bentonite Sand Ratio as Hardplain Materials: a Basic Concept for Coastal Sandy Land Management (Saparso, Tohari, D. Shiddieq, and B. Setiadi):** Coastal sandy land development faces the sand characteristics, the lower holding water capacity and the larger nutrient leaching due to heavier rainfall in the tropics, soil porosity and without soil layering so it need alternative technology for more efficient harvesting water resources in supporting the crop growing. The laboratory research studied the characteristic of various kind, thickness and ratio of hardplain material was carried out at Laboratory of Agronomy of UNSOED, Soil Mechanic of GMU. the SEM and X-RD of Lemigas Jakarta. Permeability determination by Falling Head which is appropriate measurment was not significantly different with ELE28-290 permeameter. Permeability of Kokap clay soil and Nanggulan bentonite were larger than the rainfall intensity in coastal sandy land. The Sentolo Vertisol content 68% calcium smectite had permeability 3,7 mm.day<sup>-1</sup>. Bentonite permeability were not significantly different due to more than 80% clay mineral composition. Therefore the permeability of natrium bentonite like as BPIB and BLUB namely  $1.4 \times 10^{-2}$  and  $10^{-2}$  mm day<sup>-1</sup> were lower than the calcium bentonite like as RMBL and BLBK permeability namely  $4.3 \times 10^{-2}$  and  $2.43 \times 10^{-2}$  mm day<sup>-1</sup>. Permeability of 0.5 cm thickness bentonite was not significantly different than 1.0 dan 1.5 cm thickness and those had very low permeability. Bentonite sand mixture 15 and 20 percent produced bentonite sand agregate that had mesopores by which allowing the drainage and available soil water so that those had water permeability 13.7 dan 10.3 mm day<sup>-1</sup> respectively. The mixture 30-100% had not significantly different permeability namely  $7.3 \times 10^{-2}$  up to  $1.4 \times 10^{-2}$  mm day<sup>-1</sup>. The combination of tickness and the low ratio of bentonite sand mixutre need to be determined to produce favourable environment in supporting the plant growth.

**Keywords:** Bentonite ratio, coastal sandy land, microstructure, mineral composition, permeability

## PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian bertujuan menciptakan pertanian efisien sumberdaya lahan untuk mencapai ketahanan pangan nasional melalui teknologi spesifik lokasi. Perluasan areal merupakan faktor dominan pertumbuhan produksi tanaman sayuran sehingga pembukaan areal baru mutlak diperlukan, karena tidak kurang dari 90-100 ribu ha tahun<sup>-1</sup> lahan potensial dialihfungsikan menjadi lahan non-pertanian (Adiyoga, 1999; Suryana, 2007). Perluasan lahan pertanian diarahkan pada lahan marjinal seperti lahan pasir pantai. Lahan pasir pantai meliputi

wilayah berjarak 1,5 km dari garis pantai (Achmadsarido, 1982). Indonesia memiliki potensi lahan 1.060.000 ha yang dapat mengganti penyusutan lahan selama 20,6 tahun (Kertonegoro, 2003).

Wilayah pantai selatan Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki model spesifik pengembangan berbagai tanaman hortikultura seperti kubis, bawang merah, cabai dan semangka sebagai komoditas unggulan (Chalifah, 2006; Kertonegoro, 2003; Saparso, 2003). Lahan pasir pantai memiliki agroklimat dan tanah yang spesifik Pengembangan tanaman hortikultura di lahanpasir pantai dihadapkan pada kecepatan angin yang tinggi dan bergaram serta

<sup>1</sup> Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno, Purwokerto 53123

<sup>2</sup> Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta

<sup>3</sup> Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta

*J. Tanah Trop., Vol. 14, No. 2, 2009: 167-176*

*ISSN 0852-257X*

tanah bertekstur pasir, 96,8% fraksi pasir (Saparso, 2001). Pada dasarnya lahan pasir pantai di selatan Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki curah hujan tinggi, 2061,9 mm.tahun<sup>-1</sup> (BPP Sanden, 2001) namun hujan tidak merata, hanya 7,32 hari hujan per bulan dengan intensitas mencapai 47,3 mm hari<sup>-1</sup> (Saparso, 2001). Perakaran tanaman sayuran yang dangkal (Brar dan Reynold, 1996) dan kandungan lengas volumetrik kapasitas lapangan 15,20% dan titik layu permanen 3,4% (Saparso, 2001) menyebabkan air siap tersedia hanya 3,9 mm.hari<sup>-1</sup> per kedalaman 7,5 cm, lebih rendah daripada kebutuhan air tanaman daerah tropis 8-9 mm.hari<sup>-1</sup> (Dorrenboss dan Kassam, 1979). Selain berpengaruh terhadap hasil tanaman, daya menahan air yang rendah dengan laju pengatusan tinggi (Massoud, 1975) juga menyebabkan air pengatusan mencapai 204,5 mm hari<sup>-1</sup>.

Tanah pasir gumuk pasir pantai tergolong tanah muda yang tidak memiliki horizon tanah (Darmawijaya, 1990) sedangkan aliran air suatu tanah ditentukan oleh lapisan yang memiliki permeabilitas yang paling rendah (Verplancke, 1990). Massoud, (1975) dan Al-Omran dan Al-Harbi (1998) menyatakan bahwa upaya pemberian lapisan yang relatif kedap air dapat mengurangi pelindian hara dan meningkatkan air segera tersedia. Pemberian lapisan aspal terbukti dapat meningkatkan hasil tanaman dan penghematan air 18 persen. Namun tiupan angin bergaram dan air pengatusan kurang dari 380 mm tahun<sup>-1</sup> dapat menyebabkan tanah menjadi salin (Donahue et al., 1977).

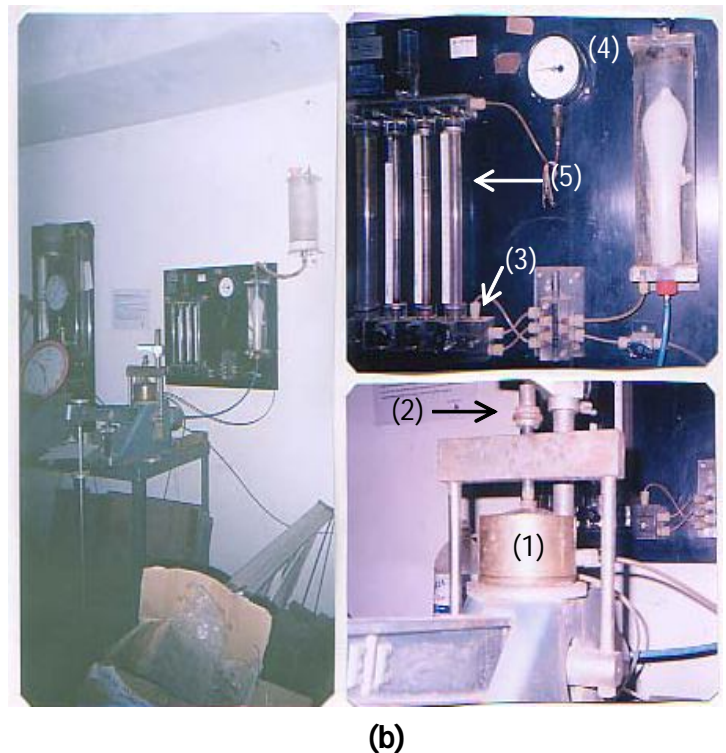
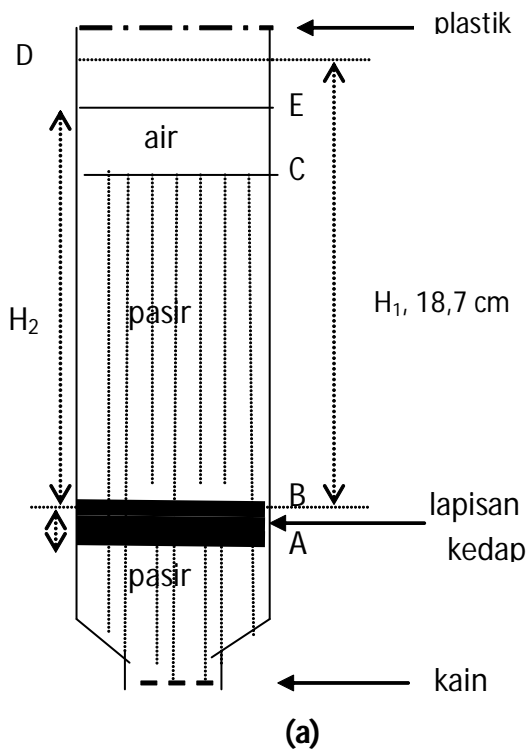
Indonesia memiliki deposit bentonit dengan jenis dan sifat kimia yang berbeda antar daerah (Simatupang dan Sigit, 1992). Bentonit tersusun mineral smektit lebih dari 80% (Kau et al., 1998)

dengan permeabilitas sangat rendah 10<sup>-10</sup> sampai 10<sup>-14</sup> m.detik<sup>-1</sup> (Dixon et al., 1999; Kau et al., 1998) berpotensi sebagai bahan lapisan kedap. Menurut Simatupang dan Sigit (1992) ada dua jenis bentonit yaitu bentonit natrium (mengembang) dan bentonit kalsium (tidak mengembang). Bentonit juga mempunyai sifat mengadsorpsi air, dapat memperbaiki lingkungan pertumbuhan tanaman (lengas dan suhu tanah). Indonesia juga memiliki lahan bertanah gromosol 1.800.000 ha (Dudal dan SuprptoHardjo, 1957). Tanah gromosol yang disebut juga Vertisol tersusun oleh lempung smektit dan memiliki permeabilitas rendah. Mineral yang mengembang memiliki jarak antar unit makin melebar dan lapisannya menjadi bentuk serpihan serta dapat ditentukan dengan Difraksi SinarX dan secara alamiah jarang ditemukan deposit mineral tunggal, biasanya deposit tersusun oleh beberapa jenis mineral (Ranst, 1995).

Ketebalan lapisan tanah berpengaruh terhadap permeabilitas tanah (Verplancke, 1990). Pencampuran tanah dengan mineral lempung aktif seperti bentonit dapat menghasilkan campuran yang memiliki permeabilitas yang rendah serta stabil secara mekanis. Nisbah campuran 5-15% bentonit dengan tanah pasir debu (*silty sand*) digunakan sebagai penyekat tempat sampah (de Magistris et al., 1998). Namun peranan dan penerapan berbagai bahan lapisan kedap terhadap ketersediaan air, hara dan oksigen untuk mendukung pertumbuhan tanaman di lahan pasir pantai belum diketahui. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi permeabilitas, komposisi mineral dan mikrostruktur berbagai jenis, ketebalan dan nisbah bentonit pasir sebagai bahan lapisan kedap.

Tabel 1. Berbagai jenis dan asal bahan lapisan kedap.

| Simbol Jenis | Jenis tanah/mineral                      | Asal  |
|--------------|--|---|
| PSIR         | Pasir                                    | Pantai Samas, Bantul, D I Y   |
| VERT         | Lempung Vertisol                         | Sentolo, Kulonprogo, D I Y  |
| KKAP         | Lempung                                  | Kokap, Kulonprogo, D I Y  |
| BNGL         | Bentonit <i>blenching earth</i> (Giling) | Nanggulan, Kulonprogo, D I Y diproduksi Perusda Anindya, Yogyakarta         |
| RMBL         | Bahan baku Bentonit                      | Wonosegoro, Boyolali, Jateng  |
| BLBK         | Bentonit kualitas BK                     | Wonosegoro, Boyolali, Jateng diproduksi oleh PT Tunas Inti Makmur, Magelang |
| BLUB         | Bentonit kualitas UB                     | Wonosegoro, Boyolali, Jateng diproduksi oleh PT Tunas Inti Makmur, Magelang |
| BPIB         | Bentonit Spect A ( <i>drilling mud</i> ) | Punung diproduksi PT Indobent Wijaya Mineral, Punung, Pacitan, Jatim        |



Gambar 3. Permeameter metode Falling Head (a) dan ELE28-290 (b): sel konsolidasi (1), baut penekan (2), kran air (3), manometer (4) dan tabung kerosin (5)

## BAHAN DAN METODE

Bahan lapisan kedap diperoleh dari wilayah di dalam dan luar Daerah Istimewa Yogyakarta dengan jenis tanah dan asal seperti tertera dalam Tabel 1. Penelitian dilaksanakan dalam empat tahap percobaan.

Percobaan I sebagai percobaan pendahuluan bertujuan untuk membandingkan metode penentuan permeabilitas metode penurunan tinggi tekanan (Falling Head Methode, FHM) dan permeameter ELE29-290. Bahan lapisan kedap yang dicobakan adalah PSIR, BLBK, BLUB, BPIB, nisbah (BPIB dengan pasir) 15 dan 20%. Pasir dan bahan lapisan kedap dimasukkan ke dalam botol permeameter Falling Head (Gambar 1a). Permeabilitas (K) ditentukan mempergunakan rumus:

$$K = \frac{P'L}{P_t} \ln \frac{H_1}{H_2} \times 10 \text{ mm hari}^{-1} \dots (\text{Verplancke, 1990})$$

dimana P' adalah penampang tabung penurunan air (cm), P adalah penampang melintang lapisan kedap (cm), L adalah panjang sample lapisan kedap (cm), t adalah waktu yang dibutuhkan selama penurunan permukaan air tabung dari  $H_1$  ke  $H_2$ , 10 adalah faktor

pengubahan satuan dari cm menjadi mm. Permeabilitas juga ditentukan dengan permeameter ELE28-290 (Gambar 1b) dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada dengan rumus :

$$K = \frac{q H_1 9,81 R_t}{100 P A 100} \times 0,0116 \text{ mm hari}^{-1} \dots (\text{Hardijatmo, 2002})$$

dimana q adalah debit rata-rata ( $\text{cm}^3 \text{ detik}^{-1}$ ),  $H_t$  adalah tebal lapisan (2 cm),  $R_t$  adalah faktor koreksi, P adalah tekanan air (kPa), A adalah luas penampang, 0,0116 adalah faktor pengubahan dari satuan  $\text{m detik}^{-1}$  menjadi  $\text{mm hari}^{-1}$ . Permeabilitas kedua metode dibandingkan dengan uji  $\chi^2$  taraf 5 persen.

Percobaan II, III dan IV disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan tiga ulangan. Tiap unit percobaan terdiri atas satu unit permeameter metode Falling Head. Percobaan II bertujuan untuk menentukan permeabilitas dan mengidentifikasi komposisi mineral penyusun berbagai jenis lapisan kedap antara lain : PSIR, BNGL, KKAP, VERT, RMBL, BLBK, BLUB dan BPIB. Komposisi mineral bahan ditentukan di Laboratorium Difraksi-Sinar X Lemigas, Jakarta

dengan mesin XRD tipe Philips PW1730/10. Analisis lindak terhadap sampel 4 m m untuk menentukan jenis dan persentase mineral semi kuantitatif berdasar difraktogram yang dicocokkan dengan d-spacing dalam Join Commision of Powder Data Standart (JCPDS). Analisis terarah dilaksanakan untuk mengetahui jenis mineral lempung dengan analisis kering udara (AD). Apabila difraktogram menunjukkan adanya kaolinit dan/ atau klorit dilanjutkan dengan *Hot analysis*. Difraktogram dicocokkan dengan difraktogram standar smektit Na dan Ca (Lemigas, 2001).

Percobaan III bertujuan menentukan permeabilitas berbagai jenis dan ketebalan lapisan bentonit. Perlakuan jenis bentonit meliputi empat taraf yaitu RMBL, BLBK, BLUB dan BPIB. Ketebalan lapisan terdiri atas 3 taraf yaitu 0,5 cm; 1,0 cm dan 1,5 cm. Perlakuan kontrol meliputi lapisan semen dan plastik. Percobaan IV bertujuan menentukan permeabilitas dan membedakan mikrostruktur berbagai nisbah lapisan bentonit yaitu 0, 15, 20, 30, 40, 60, 80 dan 100%. Mikrostruktur perbesaran 200 kali ditentukan dengan binokuler di Laboratorium Agronomi, Faperta Unsoed, Purwokerto. Gambar dalam mikroskop ditangkap dengan program *visual Pinnacle* dan disimpan dalam file.JPEG Mikrostruktur nisbah 20% dan 100% juga ditentukan di Laboratorium Scanning Electrone Microscope (SEM) Lemigas, Jakarta. Gambar yang mewakili karakter sampel disimpan dalam file Microsoft Excel (Lemigas, 2001).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode penentuan permeabilitas bahan lapisan kedap

Uji  $c^2$  menunjukkan bahwa penentuan permeabilitas dengan metode penurunan tinggi tekanan (*Falling Head Methode*) dan permeameter ELE28-290 tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 5 persen. Waktu pengamatan setelah lapisan kedap jenuh berbeda sangat nyata antara metode Falling Head dengan ELE29-290 (Tabel 2).

Menurut Hardijatmo (2002) permeabilitas tanah lempung sangat lambat, dapat ditentukan dengan metode permeameter penurunan tinggi tekanan yang dirancang khusus dari suatu percobaan konsolidasi dengan diberi tekanan udara tertentu untuk menghindari penggunaan pipa yang tinggi seperti ELE28-290. Permeameter ELE18-290 hanya dimiliki oleh laboratorium tertentu dengan jumlah yang sangat terbatas sehingga hasil analisis diperoleh dalam waktu yang lama meskipun pengukurannya sangat cepat. Pemanfaatan metode FHM selain dapat dilaksanakan dimana saja dengan biaya murah, alat ini dapat didapat dengan mudah dan dapat menggambarkan keadaan sebenarnya di lapangan baik letak dan ketebalan lapisan seperti yang diharapkan.

### Permeabilitas dan Komposisi Mineral berbagai Jenis Bahan Lapisan Kedap

Tanah lempung memiliki permeabilitas lebih rendah dibandingkan pasir. Lapisan bentonit memiliki permeabilitas paling rendah. Lapisan kedap lokal dari

Tabel 2. Permeabilitas ( $K$ , mm hari<sup>-1</sup>) berbagai jenis bahan lapisan kedap dengan metode ELE28-290 dan Falling Head (FHM).

| Jenis lapisan | ELE 28-290    |        |           |                   | FHM   |        |           |         |
|---------------|---------------|--------|-----------|-------------------|-------|--------|-----------|---------|
|               | P             | t      | Q         | K                 | $t_s$ | t      | H1- H2    | K       |
| PSIR          | 10,0          | 0,0002 | 141.112,8 | 566,0500          | 0,005 | 0,005  | 18,2-13,9 | 558,007 |
| 15% *         | 56,0          | 0,0003 | 7153,9    | 8,4670            | 0,472 | 4,750  | 18,5-14,0 | 13,700  |
| 20% *         | 80,0          | 0,0004 | 6056,6    | 6,4192            | 0,009 | 5,460  | 18,5-14,7 | 10,290  |
| BLBK          | 74,3          | 0,0014 | 57,6      | 0,0582            | 0,380 | 6,830  | 18,1-16,9 | 0,024   |
| BLUB          | 166,5         | 0,0010 | 87,7      | 0,0255            | 0,880 | 24,130 | 18,1-17,1 | 0,010   |
| BPIB          | 170,0         | 0,5525 | 1,0       | 0,0003            | 2,410 | 36,800 | 18,1-17,4 | 0,014   |
| $\chi^2$ hit  | 751.826,80 ** |        |           | 6,08 <sup>m</sup> |       |        |           |         |
| $\chi^2$ tab  | 11,07         |        |           | 11,07             |       |        |           |         |

Keterangan : \*nisbah bentonit (BPIB) dengan pasir ( PSIR); P adalah tekanan air (kPa); Q adalah debit air rata-rata (cm<sup>3</sup> hari<sup>-1</sup>);  $t_s$  adalah lama penjenruhan (hari); t adalah waktu pengamatan setelah jenuh (hari); H1, H2 adalah tinggi air awal dan akhir pengamatan (cm).

Tabel 3. Permeabilitas berbagai jenis bahan lapisan kedap dengan metode Falling Head.

| Jenis    | Lapisan Kedap | $t_s$<br>(hari) | $t$<br>(hari) | H1- H2<br>(cm) | Permeabilitas<br>(mm hari <sup>-1</sup> ) | % pasir |
|----------|---------------|-----------------|---------------|----------------|---|---------|
| Pasir    | PSIR          | 0,005           | 0,005         | 18,2-13,9      | 558,307 a                                 | 100,00  |
| Lempung  | KKAP          | 1,128           | 0,042         | 18,7-14,6      | 61,236 c                                  | 10,970  |
|          | VERT          | 0,080           | 0,670         | 18,5-14,5      | 3,664 d                                   | 0,066   |
| Bentonit | BNGL          | 1,000           | 0,019         | 18,7-14,6      | 130,274 b                                 | 23,350  |
|          | RMBL          | 2,000           | 45,500        | 18,7-17,0      | 0,0432 e                                  | 0,0008  |
|          | BLBK          | 0,380           | 6,830         | 18,1-16,9      | 0,0243 e                                  | 0,0004  |
|          | BLUB          | 1,275           | 21,230        | 18,1-17,3      | 0,0100 e                                  | 0,0003  |
|          | BPIB          | 1,270           | 29,170        | 18,1-17,4      | 0,0144 e                                  | 0,0003  |

Daerah Istimewa Yogyakarta seperti bentonit Nanggulan, tanah lempung Kokap dapat menurunkan permeabilitas air masing-masing 23,4% dan 11,0% terhadap permeabilitas tanah pasiran. Lapisan bentonit Nanggulan memiliki permeabilitas 130,27 mm hari<sup>-1</sup> dan berbeda dengan tanah lempung Kokap yaitu 61,24 mm hari<sup>-1</sup> (Tabel 3). Bentonit Nanggulan tidak dapat menunjukkan kemampuan sebagai lapisan kedap yang baik. Menurut Dinas Pertambangan DIY (1999), bentonit Nanggulan tergolong penjernih minyak goreng (*blencing earth*) dan hanya memiliki daya kembang yang kecil. Tanah vertisol Sentolo memiliki permeabilitas 3,664 mm.hari<sup>-1</sup> dan berbeda nyata terhadap tanah pasir, lapisan bentonit Nanggulan maupun tanah lempung Kokap.

Permeabilitas lapisan bentonit RMBL, BLBK, BLUB dan BPIB lebih rendah daripada permeabilitas tanah vertisol Sentolo. Antar jenis lapisan bentonit memiliki permeabilitas tidak berbeda nyata berkisar antara 0,043 mm.hari<sup>-1</sup> sampai 0,014 mm.hari<sup>-1</sup>. Lapisan bahan baku basah bentonit Boyolali, RMBL memiliki permeabilitas 0,043 mm hari<sup>-1</sup>. Bahan lapisan kedap bentonit Punung Pacitan, BPIB memiliki permeabilitas 0,014 mm hari<sup>-1</sup> dan tidak berbeda nyata dengan bentonit yang lain (Tabel 3). Menurut Rans (1995) permeabilitas tanah ditentukan oleh komposisi mineral penyusun tanah.

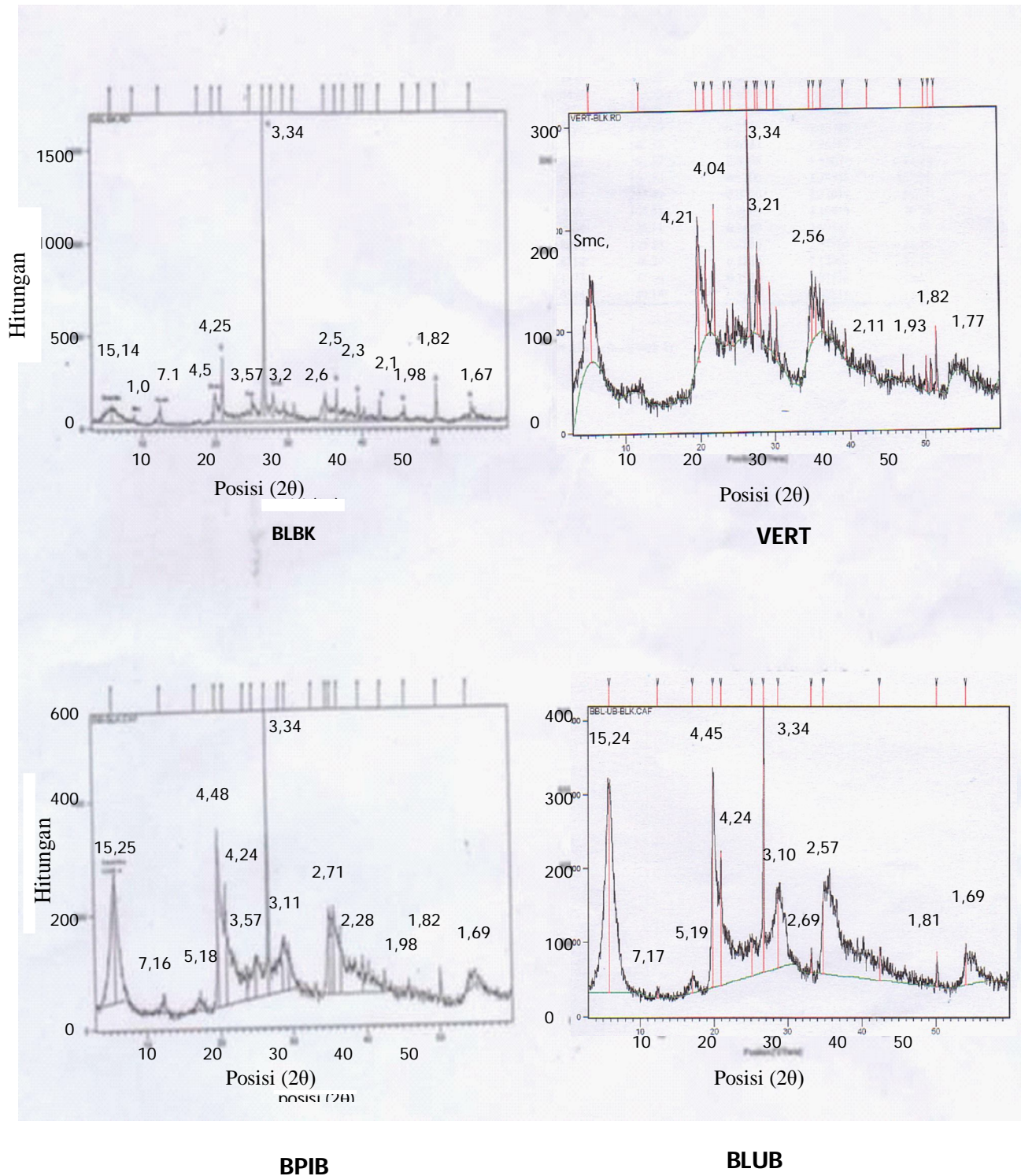
Uji XRD menunjukkan bahwa bentonit BPIB dan BLUB dikuasai oleh mineral smektit masing-masing 90 dan 95%. Vertisol dan bentonit BLBK masing-masing mengandung smektit 68 dan 65%. Vertisol mengandung kuarsa 17% dan plagioklas 15% sedangkan bentonit BLBK tidak mengandung plagioklas tetapi mengandung Illite 5% dan kaolinit 12% (Tabel 4 dan Gambar 2). Menurut Rans (1987) dan Welton (1984) bahan mineral di alam tersusun oleh beberapa jenis mineral. Puncak difraksi utama mineral kuarsa mudah diidentifikasi karena menunjukkan adanya pola dengan banyak puncak. Mineral bukan lempung menunjukkan puncak-puncak yang tajam daripada mineral lempung (Rans, 1995). Kuarsa memiliki jarak lempeng 4,26 Å, 3,34 Å dan 2,46 Å pada sudut 2θ : 20°, 27° dan 36°. Mineral Illit memiliki puncak utama pada sudut 2θ : 8°, 17° dan 27° berturut-turut 10,01 Å, 5,0 Å dan 3,8 Å (Rans, 1995 ; Welton, 1984).

Berdasarkan kandungan jenis smektit, bentonit BPIB dan BLUB mengandung Na-smektit sedangkan vertisol Sentolo dan BLBK tergolong Ca-smektit. Menurut Rans (1995) Na-smektit mempunyai daya mengembang yang besar bahkan dapat mengembang sampai 8 kali (Arifin dan Sudrajat, 1997). Bentonit Na telah dimanfaatkan sebagai penyumbat tempat sampah (de Magistris *et al.*, 1998) dan bahan isolator pengemas sampah radioaktif (Kau *et al.*, 1998).

Tabel 4. Komposisi mineral penyusun bahan lapisan kedap.

| Bahan Lapisan kedap | Mineral lempung (%) |        |          | Mineral lain (%) |            | Total (%) |      |
|---------------------|---------------------|--------|----------|------------------|------------|-----------|------|
|                     | Smektit             | Illite | Kaolinit | Quartz           | Plagioklas | Lempung   | Lain |
| BPIB                | 90                  | 0      | 5        | 5                | 0          | 95        | 5    |
| BLUB                | 95                  | 0      | 2        | 3                | 0          | 97        | 3    |
| BLBK                | 65                  | 5      | 12       | 18               | 0          | 82        | 18   |
| VERT                | 68                  | 0      | 0        | 17               | 15         | 68        | 32   |





Gambar 2. Difraktogram analisis lindak komposisi mineral dalam bahan lapisan kedap, bentonit Boyolali BK, BLBK (a), tanah vertisol (b), bentonit pacitan, BPIB (c) dan bentonit Boyolali UB, BLUB (d) dimana: angka menunjukkan jarak lempeng ( $\text{\AA}$ ), Smc (smektit), Ill (Illit), Kao (Kaolinit), Pla (Plagioklas), Q (Kuarsa).

### Permeabilitas berbagai Jenis dan Ketebalan Lapisan Bentonit

Bahan baku bentonit Boyolali, RMBL dalam bentuk serbuk 80 mesh ketebalan 1 cm maupun 1,5 cm masing-masing memiliki permeabilitas 0,0573 dan 0,0331 mm hari<sup>-1</sup> nyata lebih rendah daripada ketebalan 0,5 cm memiliki permeabilitas 0,1216 mm.hari<sup>-1</sup> Permeabilitas RMBL tebal 0,5 cm tidak berbedanya dengan permeabilitas BLBK baik

0,5 cm, 1,0 cm maupun 1,0 cm yaitu berturut-turut 0,1220 mm hari<sup>-1</sup>, 0,0840 dan 0,0687 mm hari<sup>-1</sup> (Tabel 5). Hal ini diduga bahwa RMBL merupakan bahan baku BLBK.

Lapisan kedap bentonit Punung, Pacitan (BPIB) dengan ketebalan 0,5 cm tidak berbeda nyata dengan BLUB 0,5 cm masing-masing memiliki permeabilitas 0,0321 dan 0,0219 mm.hari<sup>-1</sup>. Lapisan kedap bentonit 1,0 cm dan 1,5 cm BPIB memiliki permeabilitas paling rendah yaitu 0,0179 dan 0,0144 mm hari<sup>-1</sup> dan tidak berbeda nyata dengan bentonit BLUB dengan tebal 1,0 cm dan 1,5 cm yang memiliki permeabilitas masing-masing 0,0194 dan 0,0190 mm hari<sup>-1</sup>. BPIB maupun BLUB tergolong bentonit Na. Menurut Simatupang dan Sigit (1992) bentonit Na memiliki fungsi utama sebagai lumpur pemboran (*drilling mud*) yang memiliki permeabilitas yang sangat rendah akibat daya mengembang yang tinggi mencapai 8 kali volumenya.

Semua lapisan bentonit memiliki permeabilitas yang sangat rendah bahkan pada ketebalan 0,5 cm masih sangat efektif mengendalikan permeabilitas

tanah pasir namun ketebalan 0,5 cm sangat sulit penerapannya di lapangan. Permukaan tanah yang benar-benar rata tanpa ada perbedaan tinggi sangat sulit dicapai di lapangan oleh karena itu perlu dicari ketebalan tertentu yang mudah dilaksanakan di lapangan dan masih memiliki fungsi mengendalikan laju perkolasi. Permeabilitas yang terlalu rendah dapat menyebabkan tanah menjadi salin akibat rendahnya perkolasi sehingga perlu dicari kombinasi ketebalan dengan nisbah campuran bentonit dengan pasir yang dapat meningkatkan kandungan air dan masih memberikan air perkolasi sehingga memberikan pertumbuhan yang baik bagi pertumbuhan tanaman.

### Permeabilitas dan Mikrostruktur berbagai Nisbah Lapisan Bentonit

Analisis ragam menunjukkan bahwa nisbah campuran bentonit terhadap pasir berpengaruh nyata terhadap permeabilitas. Nisbah campuran bentonit 15 persen dan 20 persen memiliki permeabilitas berbeda nyata masing-masing 13,70 dan 8,81 mm hari<sup>-1</sup>. Permeabilitas kedua nisbah tersebut nyata lebih besar daripada nisbah campuran 30, 40, 60 dan 80 persen berturut-turut 0,0753, 0,0597, 0,0383 dan 0,0169 mm hari<sup>-1</sup>. Nisbah bentonit lebih dari 30 persen tidak berbeda dengan bentonit BPIB murni yang memiliki permeabilitas sangat rendah 0,014 mm hari<sup>-1</sup> (Tabel 6). Dixon *et al.* (1994) dan Hardijatmo (2002) menyatakan bahwa bentonit memiliki permeabilitas sangat rendah berkisar  $8,64 \cdot 10^{-1}$  -  $8,64 \cdot 10^{-3}$  mm hari<sup>-1</sup>.

Tabel 5. Permeabilitas jenis dan ketebalan lapisan kedap bentonit dengan metode Falling Head.

| Jenis Bentonit | Ketebalan (cm) | $t_s$ (hari) | $t$ (hari) | H1- H2 (cm) | Permeabilitas            |         |                 |                     |
|----------------|----------------|--------------|------------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|---------------------|
|                |                |              |            |             | (mm hari <sup>-1</sup> ) | % pasir | Rata-rata Jenis | Rata-rata Ketebalan |
| RMBL           | 0,5            | 0,17         | 13,83      | 18,6-14,6   | 0,122 a                  | 0,022   | 0,071 a         | 0,074 a             |
|                | 1,0            | 0,80         | 19,20      | 18,4-16,5   | 0,057 b                  | 0,010   |                 | 0,044 b             |
|                | 1,5            | 1,58         | 18,42      | 18,1-17,0   | 0,033 b                  | 0,006   |                 | 0,033 c             |
| BPIB           | 0,5            | 0,17         | 19,83      | 18,7-17,5   | 0,032 b                  | 0,006   | 0,020 b         |                     |
|                | 1,0            | 3,33         | 16,67      | 18,0-17,5   | 0,014 c                  | 0,003   |                 |                     |
|                | 1,5            | 4,29         | 15,71      | 18,0-17,6   | 0,014 c                  | 0,003   |                 |                     |
| BLUB           | 0,5            | 0,67         | 19,93      | 18,6-17,8   | 0,022 b                  | 0,004   | 0,019 b         |                     |
|                | 1,0            | 1,67         | 18,33      | 18,0-17,4   | 0,019 c                  | 0,004   |                 |                     |
|                | 1,5            | 1,67         | 18,33      | 18,1-17,5   | 0,019 c                  | 0,003   |                 |                     |
| BLBK           | 0,5            | 0,20         | 19,80      | 18,6-14,6   | 0,122 a                  | 0,022   | 0,091 a         |                     |
|                | 1,0            | 0,80         | 19,20      | 18,3-15,6   | 0,084 a                  | 0,015   |                 |                     |
|                | 1,5            | 1,25         | 18,75      | 18,2-16,0   | 0,069 a                  | 0,012   |                 |                     |
| Plastik        | 0,02           |              | 20,00      | 17,7-17,7   | 0,000 d                  |         |                 |                     |
| Semen          | 0,5            |              | 20,00      | 18,2-18,2   | 0,000 d                  |         |                 |                     |

Tabel 6. Permeabilitas (K) berbagai nisbah bentonit Pacitan (BIB) dengan pasir dengan metode Falling Head.

| Nisbah bentonit dan pasir | $t_s$ (hari) | t (hari) | H1- H2 (cm) | K (mm hari <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------|--------------|----------|-------------|----------------------------|
| 0% (pasir 100%)           | 0,080        | 0,005    | 18,2-13,9   | 558,3070 a                 |
| 15% BPIB                  | 0,472        | 4,75     | 18,5-14,0   | 13,7000 b                  |
| 20% BPIB                  | 0,009        | 5,46     | 18,5-14,7   | 10,2900 c                  |
| 30% BPIB                  | 0,360        | 9,37     | 18,1-16,9   | 0,0753 d                   |
| 40% BPIB                  | 0,750        | 12,25    | 18,2-16,9   | 0,0597 d                   |
| 60% BPIB                  | 0,650        | 12,35    | 18,0-17,2   | 0,0383 d                   |
| 80% BPIB                  | 1,480        | 18,50    | 17,9-17,4   | 0,0169 d                   |
| 100% BPIB                 | 2,410        | 36,80    | 18,1-17,4   | 0,0144 d                   |

Gambar 3. Mikrostruktur lapisan kedap bentonit 20% dengan perbesaran 130 kali (a) dan 100% dengan perbesaran 1800 kali (b) dalam SEM pada tegangan 20 KV, h (pori meso), b (zarah bentonit, warna putih), s (zarah pasir kuarsa).

Analisis mikrostruktur dengan mikroskop binokuler menunjukkan bahwa tanah pasir tanpa bentonit (0%) tidak tampak adanya kumpulan bentonit yang berwarna putih. Nisbah bentonit 15 persen dan 20% menunjukkan adanya pasir yang diliputi kumpulan bentonit seperti awan pada bagian tepi dan masih terdapat pori-pori antara zarah pasir dengan bentonit. Analisis SEM pada mikrostruktur lapisan kedap bentonit 20 persen menunjukkan bahwa bentonit dapat menyatukan fraksi pasir menjadi jonjotan dan tidak lepas pada keadaan kering dan masih memiliki pori-pori meso berukuran 100  $\mu\text{m}$  (Gambar 3a). Hal ini mirip yang ditemukan oleh Welton (1984) pada kuarsa dari Amoco Red Canyon # 1 well, Wyoming Formation (age) direkatkan satu sama lain oleh adanya lempung. Menurut Don Scot (2000) pori-pori meso selain mampu meningkatkan kandungan air tersedia bagi tanaman juga masih dapat memberikan air perkolasi.

Semakin tinggi nisbah bentonit terhadap pasir semakin banyak dijumpai gugusan bentonit yang mirip kumpulan awan. Nisbah bentonit 30% tidak

tampak lagi zarah pasir dan hanya tampak gugus bentonit yang saling bersinggungan dan tidak dijumpai pori-pori antara zarah bentonit. Nisbah bentonit yang lebih tinggi 40-100 persen juga tidak tampak adanya zarah pasir karena tertutup zarah bentonit. Analisis SEM menunjukkan bahwa butir bentonit murni berukuran 60  $\mu\text{m}$  dan saling bersinggungan membentuk gugus seperti awan dan tidak tampak adanya pori-pori antar zarah sehingga bersifat relatif kedap terhadap air (Gambar 3b).

Mengingat bahwa ketebalan 0,5 cm pada semua bentonit murni dan nisbah 40% tidak berbeda dengan 100% bentonit masih perlu dikaji kombinasi antara ketebalan dengan nisbah campuran bentonit dengan pasir rendah yang dapat memberikan pertumbuhan yang paling baik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penentuan permeabilitas dengan metode Falling Head tidak berbeda nyata dengan permeameter ELE28-290. Tanah lempung Kokap dan bentonit



Nanggulan memiliki permeabilitas lebih tinggi daripada curah hujan di lahan pasir pantai. Vertisol Sentolo mengandung 68% smektit kalsium, memiliki permeabilitas 3,7 mm hari<sup>-1</sup>. Permeabilitas bentonit tidak berbeda nyata akibat kandungan smektit lebih dari 80%. Meskipun demikian permeabilitas bentonit natrium seperti BPIB dan BLUB berturut-turut 1,4 x 10<sup>-2</sup> dan 10<sup>-2</sup> mm hari<sup>-1</sup> lebih rendah tidak nyata terhadap permeabilitas bentonit kalsium seperti RMBL dan BLBK yaitu 4,3 x 10<sup>-2</sup> and 2,43 x 10<sup>-2</sup> mm hari<sup>-1</sup>. Ketebalan lapisan bentonit 0,5 cm memiliki permeabilitas lebih tinggi nyata daripada ketebalan 1,0 dan 1,5 cm. Nisbah campuran bentonit Pacitan 15% dan 20% terhadap pasir dapat membentuk agregat yang memiliki pori-pori meso dan memiliki permeabilitas 13,7 dan 10,3 mm hari<sup>-1</sup>. Nisbah bentonit 30-100 persen memiliki permeabilitas tidak berbeda nyata berkisar 1,4. 10<sup>-2</sup> sampai 7,5 x 10<sup>-2</sup> mm hari<sup>-1</sup>. Perlu dikaji kombinasi ketebalan dengan nisbah bentonit dengan pasir rendah sampai 30% terhadap lingkungan pertumbuhan tanaman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W. 1999. Pola Pertumbuhan Produksi Beberapa Jenis Sayuran di Indonesia. *J. Hort.* 9(3): 258-265.
- Ahmad Sarido, A.S. 1982. Kondisi Geomorfologi Lingkungan dan Geomorfologi Dinamik di Daerah Pantai dan Implikasinya terhadap Pengelolaan Lingkungan Fisik Daerah Pantai. Disertasi UGM, Yogyakarta.
- Al-Omran, A.M. and A.R. Al-Harbi. 1998. Improvement of Sandy Soils with Soil Conditioners. In: A. Wallace and A.E. Terry (Eds.) *Handbook Substances That Enhance of Soil, the Physical Properties of Soil Conditioners*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Arifin, M. dan A. Sudradjat. 1997. Bentonit. Dalam *Bahan Galian Industri* (ed. Suhala, S dan M. Arifin). Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.
- Boswell, F.C., J.J. Meisinger, and N.L. Case. 1997. Produksi, Pemasaran dan Penggunaan Pupuk Nitrogen. Dalam Engelstad, O.P. 1985. *Fertilizer Technology and Use* (terjemahan D.H. Goenadi, 1997. *Teknologi dan Penggunaan Pupuk*). Edisi Ketiga. UGM Press, Yogyakarta.
- BPP Sanden. 2001. *Programa Penyuluhan Pertanian Tingkat BPP Sanden*. Balai Informasi dan Penyuluhan Pertanian Kabupaten Bantul, Yogyakarta.
- BPS Bantul. 2000. *Bantul dalam Angka*. BPS Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Brar, G.S. and C.M. Reynold. 1996. *Soil Physical Environment and Root Growth in Northern Climates*. Special Report 96-13. Strategic Environment and Development.
- Chalifah, A. 2006. *Beragribisnis yang Lestari di Lahan Pasir Pantai, Mengapa Tidak*. <http://www.pemda-diy.go.id>.
- Chartzoulakis, K.S. and M.H. Loupassaki. 1997. Effect of NaCl Salinity on Germination, Growth, Gas Exchange and Yield of Greenhouse Eggplant. *Agric. Water Manag.* 32(3): 215-225.
- Darmawijaya, M. I. 1990. *Klasifikasi Tanah, Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- DeMagistris, F.S., F. Silvetri and F. Vinale. 1998. Physical and Mechanical Properties of a Compacted Silty Sand with Low Bentonite Fraction. *Can. Geotech. J.* 35: 909-925.
- Dinas Pertambangan, Prop. Daerah Istimewa Yogyakarta. 1999. *Prospek Bahan Galian di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*.
- Dixon, D.A., J. Graham and M.M. Gray. 1999. Hydraulic Conductivity of Clay in Confined Test under Low Hydraulic Gradients. *Can. Geotech. J.* 36: 815-825.
- Don Scott, H. 2000. *Soil Physics Application, Agriculture and Environment*. Iowa State University Press, Ames.
- Donahue, R.L., R.W. Miller and J.C. Sickman. 1977. *Saline and Sodic Soil and their Reclamation dalam An Introduction to Soil and Plant Growth*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Doorenboss, J. and A.H. Kassam. 1979. *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper, UNO, Rome.
- Dudal, R. dan Suprpto Hardjo. 1957. *Soil Classification in Indonesia*. Pemb. Balai Besar Penyelidikan Tanah, Bogor.
- Hardijatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kau, P.M.H., D.W. Smith and P. Binning. 1998. Experiment Sorption of Fluoride by Kaolinite and Bentonite. *Geoderma* 84: 89-108.
- Kertonegoro, B.J. 2003. *Pengembangan Budidaya Tanaman Sayuran dan Hortikultura pada Lahan Pasir Pantai: Sebuah Model Spesifik Dari Daerah Istimewa Yogyakarta*. Agr-UMY XI(2): 67-75.
- Lemigas. 2001. *Instruksi Kerja Alat Scanning Electron Microscope dan Metode Uji Identifikasi Jenis Mineral*. Laboratorium Eksplorasi, Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi, LEMIGAS. Jakarta.
- Massoud, F.I. 1975. *Physical Properties of Sandy Soils in Relation to Cropping and Soil Conservation Practices*. Dalam *Sandy Soil. Report of FAO/UNDP Seminar on Reclamation and Management of Sandy Soils in the Near East and North Africa*. FAO-UNO, Roma, pp. 47-72.

- Ranst, E.V. 1995. Clay Mineralogy; Crystal Structure, Identification, Analysis and Chemistry of Clay Mineral and Clays. International Training Centre for Post Graduate Soil Scientists. State University Gent, Belgium.
- Ratusari, Y. 2003. Keragaan Beberapa Varietas Bawang Merah di Lahan Sawah dan Lahan Pasir Pantai. Skripsi Fakultas Pertanian UGM (Tidak dipublikasikan).
- Saparso, Subiyanti-Harsono dan Tohari. 2003. Pengembangan Tanaman Kubis Lahan Pasir Pantai: Pertumbuhan Tanaman Pada Berbagai Kombinasi Mulsa dan Cara Pemupukan Nitrogen. Agrin (Agricultural research and Informatuon), Jurnal Penelitian Informasi Pertanian 7(2): 60-73.
- Saparso, Subiyanti-Harsono dan Tohari. 2002. Serapan Nitrogen Tanaman Kubis Pada Berbagai Kombinasi Mulsa dan Dosis Pupuk Nitrogen di Lahan Pasir Pantai. Agrin (Agricultural Research and Informatuon), Jurnal Penelitian Informasi Pertanian 6(12): 20-29.
- Saparso. 2001. Kajian Serapan N dan Pertumbuhan Tanaman Kubis Pada Berbagai Kombinasi Mulsa dan Dosis Pupuk N di Lahan Pasir Pantai. Tesis Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta (Tidak dipublikasikan).
- Simatupang, M. dan S. Sigit. 1992. Pengantar Pertambangan Indonesia. Asosiasi Pertambangan Indonesia, Jakarta.
- Smika, D.E., D.F. Heermann, H.R. Duke and A.R. Batchelder. 1977. Effect on Soil Properties and Tomato Growth Using Micro Irrigation. Agronomy Journal 69: 623-626.
- Sukresno, Mashudi, A.P. Supangat, Sunaryo dan D. Subaktini. 2000. Pengembangan Potensi Lahan Pantai Berpasir dengan Budidaya Tanaman Semusim di Pantai selatan Yogyakarta. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Ekosistem Pantai dan Pulau-pulau Kecil dalam Konteks Negara Kepulauan. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta, 2 September 2000.
- Suryana, A. 2007. Strategi dan Inovasi Iptek Sumberdaya Lahan dalam Menghadapi Perubahan Iklim Global dan Perbaikan kualitas Lingkungan. Disampaikan dalam Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Balitbangtan, 7-8 November 2007, Bogor.
- Verplancke, H.J.W. 1990. Soil Physics, Partim 1. University Gadjah Mada, Faculty of Agriculture and Rijksuniversiteit Gent, Faculty Van De, Belgium.
- Welton, J.E. 1984. SEM Petrology Atlas. Chevron Oil Research Company, Methode in Exploration Series. The American Assosiaton of Petroleum Geologist, Oklahoma, USA.